



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

**QUÍMICA MINERAL, PETROGRAFIA, E
GEOQUÍMICA DAS ROCHAS VULCÂNICAS DA
ILHA *DECEPTION*, ANTÁRTIDA**

Rayane Gois de Lima

Orientadora: Profa. Dra. Adriane Machado

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias

São Cristóvão-SE

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA - POSGRAP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS E ANÁLISE
DE BACIAS – PGAB

**QUÍMICA MINERAL, PETROGRAFIA, E
GEOQUÍMICA DAS ROCHAS VULCÂNICAS DA
ILHA *DECEPTION*, ANTÁRTIDA**

Rayane Gois De Lima

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Geociências e Análise de Bacias da Universidade
Federal de Sergipe, como requisito para obtenção do título
de Mestre em Geociências.

Orientadora: Profa. Dra. Adriane Machado

São Cristóvão–SE
2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Lima, Rayane Gois de

L732q Química mineral, petrografia, e geoquímica dos rochas vulcânicas da Ilha Deception, Antártida / Rayane Gois de Lima ; orientadora Adriane Machado. – São Cristóvão, 2017.

37 f. : il.

Dissertação (mestrado em Geociências e Análise de Bacias) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2017.

1. Geociências. 2. Química mineralógica. 3. Rochas vulcânicas. 4. Ilha Deception (Antártida). I. Machado, Adriane, orient. II. Título.

CDU: 552.313(9)

QUÍMICA MINERAL, PETROGRAFIA, E GEOQUÍMICA DAS ROCHAS VULCÂNICAS DA ILHA *DECEPTION*, ANTÁRTIDA

Por:

Rayane Gois de Lima

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ORIENTADORA: Profa. Dra. Adriane Machado

BANCA EXAMINADORA:

_____ Profa. Dra. Adriane Machado [Orientadora – PGAB/UFS]

_____ Prof. Dr. Herbet Conceição [Membro Interno – PGAB/UFS]

_____ Prof. Dr. Joaquim Daniel de Liz [Membro Externo -DGEOL/UFS]

Data da defesa: 24 de fevereiro de 2017

DEDICATÓRIA

*Dedico a Deus que iluminou o meu
caminho durante esta caminhada e aos
meus pais, Rosa e João, que com muito
carinho e apoio, não mediram esforços
para que eu chegasse até esta etapa da
minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades e por todas as graças alcançadas. Aos meus pais, João e Rosa, que são a minha base, por todo amor, compreensão e esforços para que mais um sonho se realizasse.

A toda a minha família e amigos que sempre me apoiaram e entenderam a minha ausência em determinados momentos. A minha orientadora, a Profa. Dra. Adriane Machado, a qual me ensinou muito e continua ensinando a cada dia e a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização de mais uma etapa.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo, o estudo petrográfico, geoquímico e de química mineral das rochas vulcânicas da Ilha *Deception*, Antártida. A interpretação dos dados de química mineral dos minerais primários, das rochas vulcânicas das fases pré e pós caldeira, permitiu identificar a presença de olivina do tipo crisólita e augita como clinopiroxênio dominante. Os fenocristais de plagioclásio foram classificados como bytownita e labradorita, sendo a andesina de ocorrência rara e restrita a fase pré-caldeira. Na matriz, os micrólitos de plagioclásio são predominantemente do tipo labradorita. A caracterização química dos depósitos efusivos das fases pré e pós caldeira foi realizado, através do tratamento e interpretação de dados químicos de rocha total. O processo magmático envolvido na gênese das rochas vulcânicas foi a cristalização fracionada de olivina \pm clinopiroxênio \pm plagioclásio \pm minerais opacos.

PALAVRAS CHAVES: Química mineral, Ilha Deception, Antártida.

ABSTRACT

The work's goal is the petrographic, geochemical and mineral chemistry of volcanic rocks from *Deception Island*, Antarctica. The interpretation of mineral chemistry data of primary minerals from volcanic rocks of pre and post caldera phases, made possible the identifying of chrysolite presence as olivine-type and augite as prevailing clinopyroxene. The plagioclase phenocrystals were classified as bytownite and labradorite. Andesine is the occurrence rare and restricted to the pre-caldera phase. In the matrix, the plagioclase microliths are prevailing labradorite. The chemical characterization of effusive deposits from pre and post caldera were worked through the processing and interpretation from whole rock chemical data. The magmatic process involved in the volcanic rock genesis was a fractionated crystallization of olivine \pm clinopyroxene \pm plagioclase \pm opaque minerals.

KEYWORDS: Mineral Chemistry, Deception Island, Antarctica.

Sumário

DEDICATÓRIA	V
AGRADECIMENTOS	VI
RESUMO.....	VII
ABSTRACT	VIII
SUMÁRIO	9
CAPÍTULO I	11
INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO II.....	14
Química mineral, petrografia, e geoquímica das rochas efusivas da Ilha <i>Deception</i> , Antártida	15
RESUMO	15
ABSTRACT	15
INTRODUÇÃO	16
MATERIAIS E MÉTODOS	16
CONTEXTO GEOLÓGICO	17
Geologia Regional.....	17
Geologia Local	19
PETROGRAFIA	20
Rochas Piroclásticas	21
Tufo a cristal.....	21
Tufo vítreo	21
Rochas Efusivas	22
Andesito basáltico	22
GEOQUÍMICA	23
QUÍMICA MINERAL.....	26
Clinopiroxênio.....	26
Plagioclásio	28
Olivina	29

Óxidos	29
DISCUSSÕES.....	30
CONCLUSÕES	31
AGRADECIMENTOS.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
 CAPÍTULO III	 34
CONCLUSÕES.....	35
 ANEXO.....	 36
ANEXO: E-mail de agradecimento pela submissão.....	37

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O objeto de estudo deste trabalho foram as rochas efusivas das fases pré e pós caldeira e as rochas piroclásticas da Ilha *Deception* (Antártida), visando o estudo petrográfico, de química mineral e geoquímico de rocha total.

A Ilha *Deception* está localizada no extremo SE das Ilhas *Shetland* do Sul, Antártida, as quais estão situadas a 100 km a noroeste da Península Antártida. O acesso à ilha é realizado através de navios e aviões da Marinha Brasileira ou de outras nacionalidades.

A Ilha *Deception* (62° 57' S; 60° 37' W) é uma pequena ilha vulcânica ativa, com forma de ferradura, de idade quaternária, (< 780 mil anos; Valencio *et al.* 1979; Smellie 2002; Baraldo *et al.* 2003), situada na bacia marginal do Estreito de *Bransfield*, que separa as Ilhas *Shetland* do Sul da Península da Antártida. A ilha é caracterizada por uma depressão central formada a partir de um processo de colapso de caldeira. A base do vulcão que constitui a ilha está submersa (\approx 30 km de diâmetro).

A estrutura vulcânica e a morfologia da Ilha *Deception* são controladas, em diversas zonas, por sistemas de falhas e fraturas, inferidas através de estudos tectono-sedimentares, estruturais, geomorfológicos, batimétricos e de perfis de reflexão sísmica (Smellie 1989; Lawver *et al.* 1996; Grácia *et al.* 1997; Fernández-Ibáñez *et al.* 2005).

A fase pré-caldeira é representada por rochas efusivas de composição basáltica a andesítica, enquanto que na fase pós-caldeira predominam andesitos basálticos e andesitos, ocorrendo raros dacitos (Smellie 2001).

O conhecimento geológico da Ilha *Deception* é incipiente no que diz respeito ao estudo petrográfico, petrológico e geoquímico das rochas vulcânicas, que compõe as unidades estratigráficas da ilha. Os artigos publicados mais recentemente focam em temas como tectônica, geofísica e sísmica. Trabalhos que discorram sobre dados de química mineral são raros. Portanto, o desenvolvimento de um trabalho de pesquisa, que vise integrar dados de petrografia, de química mineral e químicos de rocha total é uma importante contribuição para o entendimento da gênese das rochas efusivas da ilha e para a evolução do conhecimento geológico da região Antártida.

Os objetivos do trabalho foram identificar e classificar as fases minerais essenciais e acessórias das rochas vulcânicas, e caracterizar a litoquímica dos fluxos de lava, e assim

discutir as prováveis diferenças existentes no padrão químico do vulcanismo pré e pós-caldeira.

Com base nas regras do programa de pós-graduação para obtenção do título de Mestre, foi submetido um artigo científico na revista “Geologia USP. Série Científica” (Qualis CAPES – B2). O comprovante de submissão encontra-se em anexo. O capítulo 2 desta dissertação apresenta o artigo com a formatação imposta para a submissão de artigos pela revista supracitada

Baraldo A., Rapalini A.E., Bohnel H., Mena M. 2003. Paleomagnetic study of Deception Island, South Shetland Islands, Antarctica. *Geophysica Journal International*, **153**:1–11.

Fernández-Ibáñez F., Perez-Lopez R., Martinez-Diaz J.J., Paredes C., Giner-Robles J.L., Caselli A.T., Ibáñez J.M. 2005. Costa Recta Beach, Deception Island, West Antarctica: a Retreated Scarp of a Submarine Fault? *Antarctic Science*, **17**:418– 426.

Grácia E., Canals M., Farran M., Sorribas J., Pallas R. .1997. Central and Eastern Bransfield Basins (Antarctica) from high-resolution swath-bathymetry data. *Antarctic Science*, **9**:168–180.

Lawer L.A., Sloan B.J., Barker D.H.N., Ghidella M., Von Herzaen R.P., Keller R.A., Klinkhammer G.P., Chin C.S. 1996 Distributed, Active Extension In Bransfield Basin, Antarctic Peninsula: Evidence From Multibeam Bathymetry. *Gsa Today*, **6**:1–6.

Smellie J.L. 1989. Deception Island. In: Dalziel I.W.D. (ed.) *Tectonics of The Scotia Arc, Antarctica*. 28th International Geological Congress, Field Trip Guide Book. Washington, Dc: American Geophysical Union, T180, p. 146–152.

Smellie J.L. 2001. Lithostratigraphy and Volcanic Evolution of Deception Island, South Shetland Islands. *Antarctic Science*, **13**:188–209.

Smellie J.L. 2002. Geology. In: Smellie J.L., Lopez-Martinez J. (eds.). *Geology and Geomorphology of Deception Island*. Sheets 6-A and 6-B, 1:25000 BAS GEOMAP series. Cambridge, British Antarctic Survey, p. 11–30.

Valencio D.A., Mendia J.E., Vilas J.F. 1979. Paleomagnetism and K–Ar age of Mesozoic and Cenozoic igneous rocks from Antarctica. *Earth and Planetary Science Letters*, **45**:61–68.

CAPÍTULO II

Química mineral, petrografia, e geoquímica das rochas vulcânicas da Ilha *Deception*, Antártida

Mineral Chemistry, Petrography and Geochemistry of Effusive Rocks from Deception Island, Antarctica

Rayane Gois de Lima¹, Adriane Machado^{1,3}

¹Universidade Federal de Sergipe – UFS, Programa de Pós-graduação em Geociências e Análise de Bacias – PGAB, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, 49100-000, São Cristóvão-SE, Brasil.
(ray.goisl@hotmail.com; adrianemachado@yahoo.com.br)

³Universidade Federal de Sergipe – UFS, Curso de Geologia, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, 49100-000, São Cristóvão-SE, Brasil.

RESUMO: A Ilha *Deception* (latitude 62°57' S e longitude 60°38' W) está situada no extremo SE das Ilhas *Shetland* do Sul, Antártida. A ilha é um vulcão ativo, poligenético, com aproximadamente 30 km de diâmetro, localizado sobre uma bacia marginal, o Estreito de *Bransfield*. O vulcão é do tipo estratovulcão, possui forma de ferradura e é caracterizado por uma depressão central formada a partir do processo de colapso de caldeira. A atividade vulcânica da ilha se desenvolveu nos últimos 0,2 Ma. As rochas efusivas das fases pré e pós-caldeira estudadas possuem composição andesito basáltica. Petrograficamente, as rochas efusivas apresentam texturas do tipo glomeroporfirítica, microporfirítica, intergranular, intersertal e traquítica. A mineralogia é composta por fenocristais de olivina, augita, plagioclásio e minerais opacos imersos em uma matriz constituída por micrólitos de plagioclásio, microcristais de augita, minerais opacos e vidro vulcânico (fresco e alterado). Os dados de química mineral revelam que o clinopiroxênio presente é a augita e o diopsídio. O plagioclásio das fases pré e pós-caldeira é classificado como andesina, labradorita e bytownita. As rochas são subalcalinas e apresentam afinidade cálcio-alcalina. Um leve enriquecimento de Elementos Terras Raras Leves em relação aos Elementos Terras Raras Pesados é detectado em todas as amostras, sugerindo que as lavas são comagmáticas.

PALAVRAS-CHAVE: Química mineral, Ilha *Deception*, Antártida.

ABSTRACT: Deception Island (latitude 62°57' S and longitude 60°38' W) is located at the southeastern tip of the South Shetland Islands, Antarctica. The island is an active and polygenetic volcano, with approximately 30 km in diameter, situated on a marginal basin, the Bransfield Strait. The volcano is a stratovolcano type that shows a horseshoe shape and has characterized by a central depression formed by caldera collapse process. The volcanic activity of the island has developed in the last 0.2 Ma. The effusive rocks of pre and post caldera phases show basaltic andesite composition. Petrographically, the effusive rocks show glomeroporphyritic, microporphyritic, intergranular, trachytic and intersertal textures. The mineralogy is composed of olivine, augite, plagioclase and opaque minerals phenocrysts immersed in a matrix constituted by plagioclase microlites, augite microcrystals, opaque minerals and volcanic glass (fresh and altered). The mineral chemistry data show that augite and diopside are the clinopyroxene type present. The plagioclase type of pre and post caldera phases is andesine, labradorite and bytownite. The rocks are subalkaline and show calc-alkaline affinity. A slight enrichment of Light Rare Earth Elements relative to Heavy Rare

Earth Elements has detected in all samples, suggesting that the pre and post caldera lavas are commagmatic.

KEYWORDS: Mineral Chemistry, Deception Island, Antarctica.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho consiste no estudo petrográfico, geoquímico e de química mineral das rochas efusivas e piroclásticas da Ilha *Deception* (latitude 62° 57' S e 60° 38' W), situada no extremo SE das Ilhas *Shetland* do Sul, Antártida. Este arquipélago está localizado a 100 km do noroeste da Península Antártica.

A Ilha *Deception* é uma ilha vulcânica ativa, em forma de ferradura, marcada por uma depressão central formada a partir do abatimento da caldeira, de idade quaternária, (< 780 mil anos; Valencio *et al.*, 1979; Smellie, 2002; Baraldo *et al.*, 2003), situada na bacia marginal do Estreito de *Bransfield*, que separa as Ilhas *Shetland* do Sul da Península da Antártida.

A estrutura vulcânica e a morfologia da Ilha *Deception* são controladas, em diversas zonas, por sistemas de falhas e fraturas, inferidas através de estudos geológicos, batimétricos e de perfis de reflexão sísmica (Smellie, 1989; Lawver *et al.*, 1996; Grácia *et al.*, 1997; Fernández-Ibáñez *et al.*, 2005).

Os depósitos vulcânicos da ilha foram divididos em dois grandes grupos, segundo a evolução vulcano-tectônica e um único evento de colapso da caldeira (Smellie, 2001, 2002; Fernández-Ibáñez *et al.*, 2005): 1) depósitos pré-caldeira (Grupo *Port Foster*), em sua maioria constituídos por pillow-lavas, por material resultante de erupções hidrovulcânicas explosivas e por depósitos piroclásticos; 2) depósitos pós-caldeira (Grupo *Mount Pond*) constituídos por piroclastos, depósitos de erupção efusiva, por numerosos cones de cinzas e de tufos.

A ilha possui um histórico de erupções, as quais ocorreram em 1842,

1912, 1917, 1967, 1969 e 1970 (Orheim, 1971), ocasionando alterações volumétricas consideráveis e modificações na linha de costa (Torrecillas *et al.*, 2012).

Este trabalho visou a identificação e caracterização microscópica detalhada da mineralogia, que compõe as rochas efusivas e piroclásticas da Ilha *Deception*, além do tratamento e interpretação de dados químicos de rocha total e de química mineral dos minerais primários, afim de comparar a fase pré colapso da caldeira com a fase pós colapso.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de mão das rochas efusivas encontram-se na Litoteca da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade de Buenos Aires e não foi possível a observação para a realização das descrições macroscópicas. Nas descrições microscópicas de seis lâminas delgadas de rochas efusivas e três lâminas de rochas piroclásticas da Ilha *Deception*, foram observadas as características texturais e mineralógicas das rochas, utilizando um microscópio petrográfico da marca Olympus Bx41, do Laboratório de Microscopia e Lupas do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Sergipe.

Os dados de química mineral de rochas efusivas e piroclásticas foram adquiridos, utilizando-se a microsonda eletrônica da marca Jeol JXA-8230, com cinco espectrômetros WDS e um EDS, do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (UNB), a qual estava calibrada, durante a realização das análises, com voltagem de aceleração de 15 kV e corrente de 10 nA. Os dados foram tratados a partir dos softwares Excel, Corel Draw e *Triplot* 4.1.2 e as formulas

químicas dos minerais e seus termos finais foram calculados a partir de Deer *et al.*, 1992.

Os dados químicos de rocha total de sete amostras foram obtidos no *Activation Laboratories Ltd. (Actlabs - pacote 4LITHO)*, Canadá. O método de Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Acoplado (ICP-OES) foi utilizado para a leitura dos elementos maiores. Os elementos traço e terras raras foram analisados por Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte Induzida de Plasma (ICP-AES). No tratamento dos dados geoquímicos, além de planilhas Excel, utilizou-se o software *Geochemical Data Toolkit* for Windows (GCDkit), versão 3.00 (Janousek *et al.*, 2008) para tratamento dos dados.

CONTEXTO GEOLÓGICO

Geologia Regional

A Ilha *Deception* está localizada entre as placas tectônicas Sul-Americana, Antártida e Africana. A dinâmica regional é controlada por movimentos de duas placas maiores, a Sul-Americana e a Antártida. O limite entre elas não está bem definido, considerando que há interação de microplacas na região (*Scotia, Phoenix, Sandwich* do Sul e *Shetland* do Sul.) (Figura 1).

A Microplaca *Shetland* do Sul é consequência da abertura do Rife de *Bransfield* e é separada da Península Antártida pelo Estreito de *Bransfield* (Agusto *et al.*, 2007). Está microplaca é limitada a leste pela Fratura *Shackleton*, a oeste pela Fratura *Hero*, a norte pela

Trincheira de *Shetland* do Sul, e a sul pelo Rife de *Bransfield* (Bengoa, 2007).

Gonzáles-Ferran (1985) separou em dois grandes eventos tectônicos, o contexto global das placas tectônicas:

a) Processo de subducção que ocorreu entre o Cretáceo e o Mioceno Superior, com ciclos de atividade ígnea variando de plutônica a vulcânica, distribuídas em quatro linhas paralelas. Os corpos intrusivos tenderam a migrar na direção da convergência da zona de subducção, enquanto os corpos vulcânicos ocorreram em linhas paralelas à zona de subducção. O atraso relativo entre as intrusões e a atividade vulcânica pode indicar variações na velocidade de subducção e nos pulsos de atividade magmática.

b) Ciclo extensional de *back-arc* que está associado ao vulcanismo e a geração de um sistema de riftes. Os movimentos gravitacionais criaram unidades morfológicas como o bloco soerguido das Ilhas *Shetland* do Sul, a depressão tectônica do Gráben do Estreito de *Bransfield* e o bloco continental da Península Antártida. Esses processos extensionais foram mais ativos do Pleistoceno ao Recente. Os eixos dos riftes tendem a convergir para sudoeste e abrir para nordeste.

Segundo Gonzáles-Ferran (1985), quando o processo de subducção terminou, iniciou um ciclo extensional, caracterizado inicialmente por fraturas longitudinais associadas aos movimentos verticais, que propiciou o desenvolvimento de uma tectônica de blocos, a qual deu origem a um gráben, que gerou o Estreito de *Bransfield*.

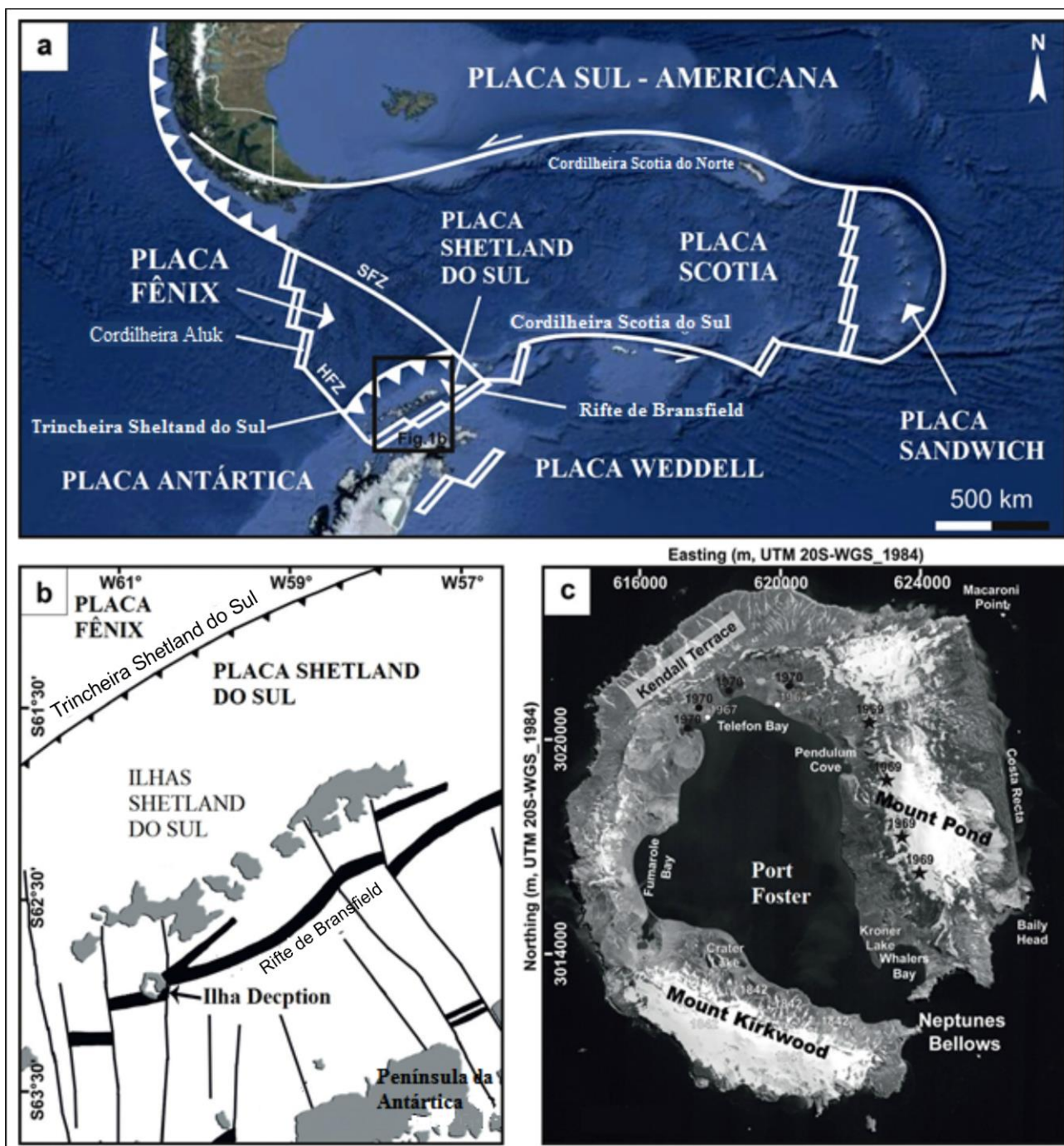


Figura 1. a) Mapa tectônico regional simplificado e localização do Arquipélago das Ilhas Shetland do Sul (Pedrazzi et al., 2014). HFZ, Zona da Fratura Hero; SFZ, Zona da Fratura Shackleton. (b) Arquipélago das Ilhas Shetland do Sul e localização da Ilha Deception (Pedrazzi et al., 2014). (c) Ortofotografia da Ilha Deception mostrando os locais dos eventos vulcânicos de 1967, 1969 e 1970 (Pedrazzi et al., 2014).

O Estreito de Bransfield é uma pequena bacia que separa as Ilhas Shetland do Sul da Península Antártica e a formação é atribuída a uma extensão do tipo *back-arc* relacionada ao arco vulcânico das Shetland do Sul, (Weaver et al., 1979). A Bacia de Bransfield está dividida em três

sub-bacias (Bengoa, 2007): Bacia Ocidental, Central e Oriental.

O eixo de abertura do Rifte do Estreito de Bransfield é marcado por um vulcanismo ativo e pode ser relacionado à formação de uma crosta oceânica. A sismicidade mostra um aumento de

componentes em direção ao centro e diminuição dos edifícios vulcânicos, sustentando a hipótese da parte central do Estreito de *Bransfield* estar em um estágio mais evoluído de bacia de retro arco (Agusto *et al.*, 2007).

Geologia Local

Cerca de 57% da Ilha Deception é coberta permanentemente por geleiras, com até 100 m de espessura (Smellie *et al.*, 1997 apud Smellie, 2001). Estas geleiras encontram-se principalmente nos cumes do Monte *Pond* e Monte *Kirkwood*, porém inclui também a parte nordeste do Terraço *Kendall* (Smellie, 2001).

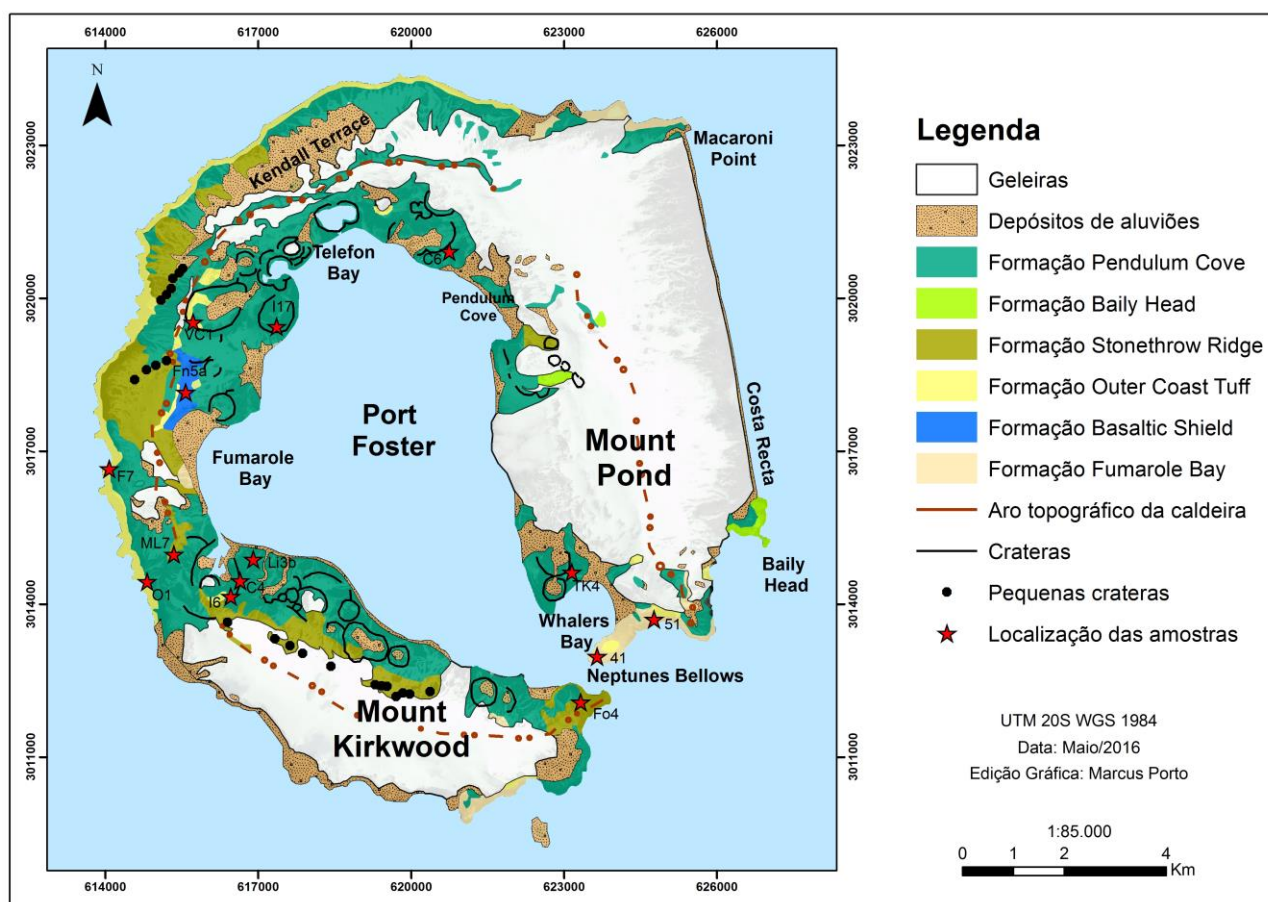


Figura 2. Mapa geológico esquemático da Ilha *Deception* (modificado de Smellie, 2001).

A maior parte dos autores (Smellie, 1988, 1989; Martí & Baraldo, 1990; Baraldo & Rinaldi, 2000; Smellie, 2001, 2002) separam os depósitos da ilha como pré e pós-caldeira, com base no evento de formação da caldeira, que foi precedido por uma grande erupção. Smellie (2001) definiu a litoestratigrafia da Ilha *Deception* dividindo o Complexo Vulcânico da Ilha *Deception* que compreende as rochas vulcânicas consolidadas e inconsolidadas

(Figura 2) com base nas relações de campo, como segue: Grupo *Port Foster* e Grupo *Mount Pond*.

O Grupo *Port Foster* (Hawkes, 1961) é dividido nas formações *Fumarole Bay*, *Basaltic Shield* e *Outer Coast Tuff* (Smellie, 2001). Essas unidades vulcânicas correspondem à fase pré-caldeira e apresentam exposições de 70 a 230 m. A composição das rochas que constituem as unidades varia de basáltica e

subordinamente, basáltica andesítica pobre em sílica (Smellie, 2001). O grupo é recoberto por unidades da fase pós-caldeira.

A Formação *Fumarole Bay* (Smellie, 2001) varia de poucos metros de espessura até mais de 200 m e é dividida da base para o topo, nos membros *Lava Lobe*, *Scoria* e *Stratified Lapilli Tuff*. As rochas que constituem a unidade apresentam composição basáltica, sendo o Membro *Lava Lobe* composto por brechas hialoclastíticas, lavas, escórias e bombas, gradando no topo para o Membro *Scoria*. Este membro é composto por lapilli tufo finos a grossos. O Membro *Stratified Lapilli Tuff* está sobreposto ao Membro *Scoria* e os contatos são gradacionais, podendo ser discordantes em alguns locais. Está é a unidade da fase pré-caldeira mais antiga da Ilha *Deception* que está exposta.

A Formação *Basaltic Shield* (Smellie, 2001) tem espessura que varia de 12-110 m e é formada por fluxos de lava basáltico, depósitos de escórias e tufo (Figura 3). As lavas estão na parte basal e as escórias na parte superior. As lavas são representadas por basaltos afaníticos a porfiríticos, andesitos basálticos pobres em sílica e um andesito rico em sílica (Smellie, 2001).



Figura 3. Depósito vulcânico constituído por fluxo de lava (L) e depósito de escória e tufo (ET). (Foto: Alberto Caselli).

A Formação *Outer Coast Tuff* (Smellie, 2001) é a unidade estratigráfica mais difundida da Ilha *Deception*. A exposição é contínua sobre as falésias da

costa exterior, a oeste e a norte, por uma distância de 16 km e possui espessura que varia de 50-90 m.

O Grupo *Mount Pond* (Smellie, 2001) engloba as formações da fase pós-caldeira (*Baily Head*, *Pendulum Cove* e *Stonethrow Ridge*). Os afloramentos desta unidade recobrem boa parte da ilha. A espessura varia desde poucos metros até 180 m. O contato inferior é discordante com o Grupo *Port Foster* e o superior é representado pela superfície erosiva dos dias atuais.

A Formação *Stonethrow Ridge* (Smellie, 2001) possui espessura máxima de 100 m e está dividida nos membros *Kendall Terrace* e *Mount Kirkwood*, os quais são formados por basaltos, andesitos basálticos, escórias e lavas.

A Formação *Baily Head* (Smellie, 2001) é pouco litificada e formada por lapilli tufo com espessura de 180 m.

A Formação *Pendulum Cove* (Smellie, 2001) é dividida no Membro *White Ash*. Esta formação contém uma proporção mais elevada de composições relativamente evoluídas do que outras formações na ilha. Os outros afloramentos relacionados à caldeira são agrupados na unidade *Cone Clusters*, formada por andesitos basálticos, andesitos e raros dacitos. Existem duas principais litofácies piroclásticas: 1) lapilli estratificados, lapilli tufo e cinzas, e 2) lapilli tufo estratificados com abundantes clastos acessórios. As espessuras variam de poucos metros até mais de 160 m.

PETROGRAFIA

Microscopicamente foram descritas seis lâminas delgadas de rochas efusivas (três da pré e três da pós-caldeira) e três lâminas delgadas de rochas piroclásticas (uma pré e duas pós-caldeira). As rochas efusivas foram classificadas quimicamente, utilizando-se o diagrama TAS (Le Bas et al., 1986) como andesitos basálticos. Foi utilizada a classificação química para estas

rochas devido as mesmas possuírem uma matriz fina e isso dificultar a classificação por contagem de pontos. As piroclásticas foram classificadas como tufos segundo a classificação de Schmid (1981) com base no tipo de material constituinte.

As amostras estudadas e suas respectivas unidades estratigráficas se encontram na tabela 1.

Tabela 1. Amostras estudadas e as respectivas unidades estratigráficas.

Amostras	Grupo	Formação	Fase
EFUSIVAS			
TK4	Mount Pond	Pendulum cove	Pós
Li3b	Mount Pond	Pendulum cove	Pós
I17	Mount Pond	Pendulum cove	Pós
C6	Mount Pond	Pendulum cove	Pós
51	Port Foster	Fumarole Bay	Pré
41	Port Foster	Fumarole Bay	Pré
Fn5a	Port Foster	Basaltic Shield	Pré
PIROCLÁSTICAS			
Fo4	Mount Pond	Stonethrow Ridge	Pós
O1	Port Foster	Outer Coast Tuff	Pré
F7	Port Foster	Outer Coast Tuff	Pré

Rochas Piroclásticas

Tufo a cristal

As amostras F7 e Fo4 foram classificadas como tufo a cristal, segundo a classificação de Schmid (1981). Estas amostras apresentam matriz vítrea com cristais de plagioclásio, augita, olivina, fragmentos líticos, púmices com bordas irregulares e vitroclastos. Glômeros de plagioclásio e augita são observados. Os tufos apresentam ≈ 15 a 20% de vesicularidade.

Os cristais de plagioclásio são tabulares, subédricos e apresentam tamanhos variando de 0,3 a 1,4 mm, com predominância de 0,5 mm. As bordas de alguns cristais apresentam reentrâncias

ocupadas pela matriz. Os cristais mostram feições de reabsorção como a textura em peneira (figura 4). Esta textura quando presente, se encontra no centro do cristal. Os contatos entre os cristais e a matriz são difusos.

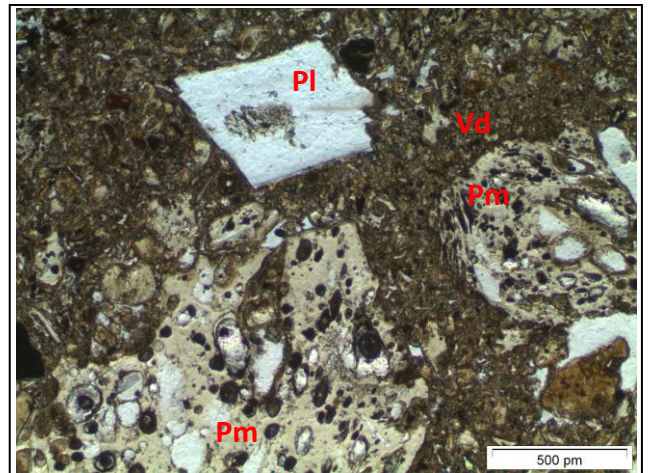


Figura 4. Cristal de plagioclásio com textura em peneira imerso na matriz vítrea e púmices (luz natural). Pm - púmice; Pl - plagioclásio; Vd - vidro.

A augita é subédrica e o tamanho varia de 0,15 a 0,4 mm. Os contatos entre os cristais e a matriz são retos e/ou difusos.

Os cristais de olivina variam de 0,1 a 0,5 mm e apresentam forma subédrica.

Os vitroclastos variam de 0,8 a 4 mm e muitas vezes aparecem substituídos por carbonato ou sílica.

Os fragmentos líticos têm aproximadamente 4 mm. Alguns apresentam textura pilotaxítica e traquítica.

Tufo vítreo

A amostra O1 foi classificada como tufo vítreo, segundo a classificação de Schmid (1981), e apresenta 25% de vesicularidade. A rocha é composta por cristais de plagioclásio, fragmentos líticos, púmice e vitroclastos, imersos em uma matriz vítrea e muito fina. Os púmices apresentam bordas irregulares.

Os cristais de plagioclásio variam de 0,3 a 0,6 mm e a maioria apresenta reentrâncias ao longo das bordas. Feição de reabsorção é observada, caracterizando a

textura em peneira. Esta textura ocorre no centro e bordas dos cristais. O plagioclásio também ocorre na matriz e possui tamanho de aproximadamente 0,1 mm.

Os vitroclastos apresentam tamanho variando entre 0,4 e 1,7 mm e com núcleo constituído por cristalitos, principalmente de plagioclásio (0,08 mm).

Os fragmentos líticos possuem tamanho variando de 0,6 a 4 mm, apresentam textura fluidal e traquítica, e plagioclásio esquelético com aproximadamente 0,1 mm.

Os tufos apresentam texturas semelhantes, sendo que a diferença está na quantidade dos seus constituintes.

Rochas Efusivas

Andesito basáltico

Seis amostras (Fn5a, 41, 51, I17, Li3b e TK4) foram classificadas quimicamente como andesito basáltico (Le Bas et al., 1986). Essas rochas apresentam texturas microporfírica, intergranular, hialofítica, traquítica, vesicular e glomeroporfírica, sendo esta constituída por cristais de plagioclásio, augita e olivina. A mineralogia é composta por fenocristais de plagioclásio, olivina, augita e minerais opacos, imersos em uma matriz com a mesma mineralogia e vidro vulcânico. Observa-se a presença de vesículas, em torno de 8%.

Os fenocristais de plagioclásio variam de 0,54 a 1,7 mm, são euédricos a subédricos e por vezes, formam glômeros (Figura 5). Alguns cristais aparecem zonados, e por vezes, com reentrâncias ao longo das bordas preenchidas pela matriz.

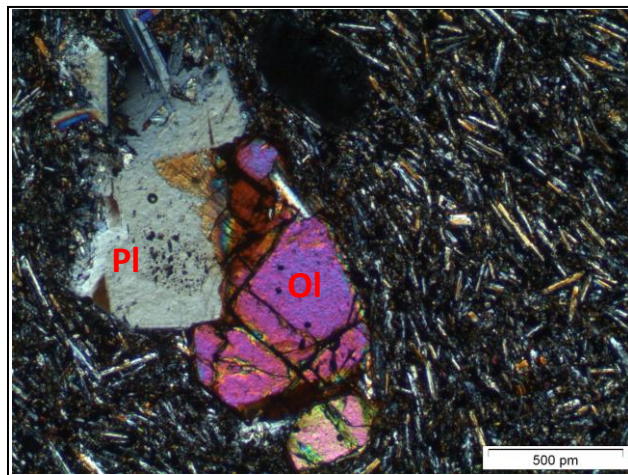


Figura 5. Fenocristais de olivina (Ol) e plagioclásio (Pl) formando glômeros em uma matriz com textura traquítica (luz polarizada).

Os fenocristais de augita variam de 0,1 a 0,7 mm e são subédricos. Os cristais apresentam reentrâncias ao longo das bordas e são preenchidas pela matriz.

Os fenocristais de olivina (Figura 6) variam de 0,08 a 1,3 mm, variam de euédricos a subédricos e às vezes, aparecem formando glômeros junto com o plagioclásio. A olivina apresenta reentrâncias nas bordas que são preenchidas pela matriz.

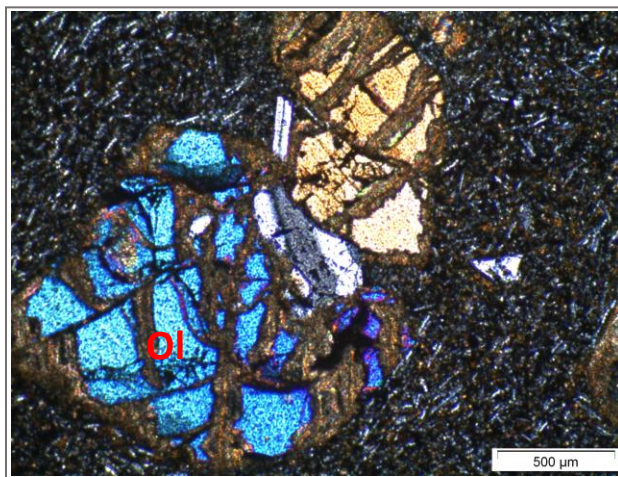


Figura 6. Fenocristal de olivina (Ol) com reentrâncias e fraturas preenchidas pela matriz (luz polarizada).

Os minerais opacos subédricos ocorrem em todas as amostras como fenocristal e na matriz.

As vesículas estão presentes em todas as amostras e apresentam formas arredondadas e elípticas.

A matriz varia de fina a muito fina, formada por micrólitos de plagioclásio e microcristais de minerais opacos na sua maioria. Os interstícios são ocupados por vidro vulcânico e material criptocristalino.

GEOQUÍMICA

O estudo geoquímico de rocha total das rochas efusivas da Ilha *Deception* foi realizado a partir da análise de sete amostras, as quais são representativas do vulcanismo da ilha. Os dados analíticos estão na tabela 2 e foram tratados e interpretados utilizando-se o *software GCDkit 3.00*.

Tabela 2. Dados químicos de rocha total (elementos maiores em %, traços em ppm e terras-raras em ppm) das rochas efusivas da Ilha *Deception*.

Amostras	FN5A PRÉ	41 PRÉ	51A PRÉ	C6 PÓS	I17 PÓS	Li3b PÓS	TK4 PÓS
SiO ₂	55,080	53,670	53,600	53,250	52,630	53,650	51,730
TiO ₂	1,868	1,580	1,429	2,553	1,691	1,732	1,661
Al ₂ O ₃	16,110	17,130	17,610	15,190	16,510	16,460	16,880
Fe ₂ O ₃ T	9,950	9,650	8,270	11,980	9,740	9,740	9,540
MnO	0,166	0,157	0,134	0,187	0,159	0,156	0,151
MgO	3,820	4,810	5,460	3,890	4,760	4,610	5,430
CaO	7,480	9,300	9,450	7,630	8,760	8,710	9,650
Na ₂ O	4,760	4,190	3,910	4,770	4,120	4,310	4,000
K ₂ O	0,770	0,560	0,520	0,670	0,570	0,550	0,550
P ₂ O ₅	0,290	0,250	0,220	0,400	0,260	0,270	0,350
Loi	0,474	0,010	0,010	0,556	0,480	0,452	0,210
Total	100,294	101,297	100,603	100,520	99,200	100,188	99,942
Ba	110	91	101	97	109	98	91
Rb	8,806	6	7	7,595	7,719	6,072	5,529
Sr	364	421	378	362	389	393	459
Sc	27	32	28	30	29	30	33
Be	2	1	1	2	1	1	1
V	238	239	208	333	237	243	236
Cs	0,5	0,5	0,5	0,543	0,5	0,5	0,5
Ga	21	19	16	20,450	19,623	19,162	18,389
Tl	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ta	0,518	0,3	0,3	0,445	0,429	0,380	0,412
Nb	8,112	4	4	7,043	6,561	5,912	6,388
Hf	5,333	3,7	3,3	4,702	4,309	4,057	3,588
Zr	210	120	110	185	162	151	138
Y	39	29	26	42	32	32	29
Th	1,455	1,3	1,3	1,14	1,719	1,132	1,085
U	0,471	0,3	0,4	0,368	0,549	0,351	0,36
Cr	-20	40	120	20	35,872	26,934	93,940
Ni	20	30	30	20	20	20	23,371
Co	24,568	28	17	28,036	26,321	26,022	26,251

Cu	29,508	60	30	44,036	64,109	25,286	42,943
Pb	5	10	5	5	11,148	7,425	7,707
Zn	76,750	80	30	91,282	88,323	74,370	93,287
Bi	0,4	0,4	0,4	0,4	7,370	0,4	0,479
In	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Sn	2,973	2	1	2,288	3,382	2,122	2,81
W	1	1	1	1	1	1	1
Mo	2	2	2	2	2	2	2
Ag	0,628	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
As	5	5	5	5	7,489	5	5
Sb	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ge	1,676	2	1	1,451	1,276	1,460	1,463
La	13,245	8,6	8,6	12,352	12,602	10,768	10,968
Ce	33,447	22	21,3	31,816	30,086	27,136	26,531
Pr	4,376	3,03	2,86	4,246	3,833	3,56	3,439
Nd	20,345	14,2	13,3	20,468	17,256	16,371	15,857
Sm	5,324	3,9	3,6	5,525	4,573	4,439	4,144
Eu	1,886	1,44	1,3	2,072	1,651	1,647	1,533
Gd	6,078	4,8	4,4	6,507	5,225	5,037	4,755
Tb	1,063	0,8	0,8	1,147	0,914	0,881	0,813
Dy	6,633	4,8	4,5	6,866	5,544	5,436	4,947
Ho	1,363	1	0,9	1,363	1,127	1,092	1,018
Er	3,932	2,9	2,6	3,937	3,326	3,221	2,944
Tm	0,565	0,43	0,39	0,559	0,484	0,467	0,419
Yb	3,523	2,8	2,5	3,450	2,926	2,957	2,638
Lu	0,522	0,42	0,37	0,512	0,419	0,422	0,389

As rochas foram classificadas quimicamente utilizando-se o diagrama TAS (Le Bas et al. 1986) como andesitos basálticos e subalcalinas (Figura 7).

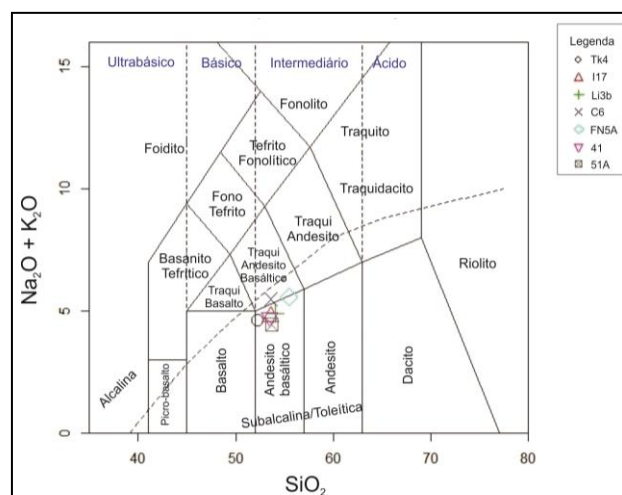


Figura 7. Classificação química das rochas efusivas da Ilha Deception (Le Bas et al. 1986).

Al_2O_3 , CaO e MgO exibem uma correlação negativa (Figura 9) com SiO_2 implicando no fracionamento de clinopiroxênio e plagioclásio cálcico. TiO_2 e Na_2O exibem uma correlação positiva com SiO_2 . A correlação positiva para o TiO_2 em relação ao SiO_2 sugere que o

fracionamento de Ti-magnetita não foi expressivo e que os óxidos de Na_2O e K_2O não foram fases importantes no fracionamento mineral. Sr e Cr exibem correlações negativas (Figura 8) com SiO_2 , enquanto Ba, Rb e Zr correlações positivas.

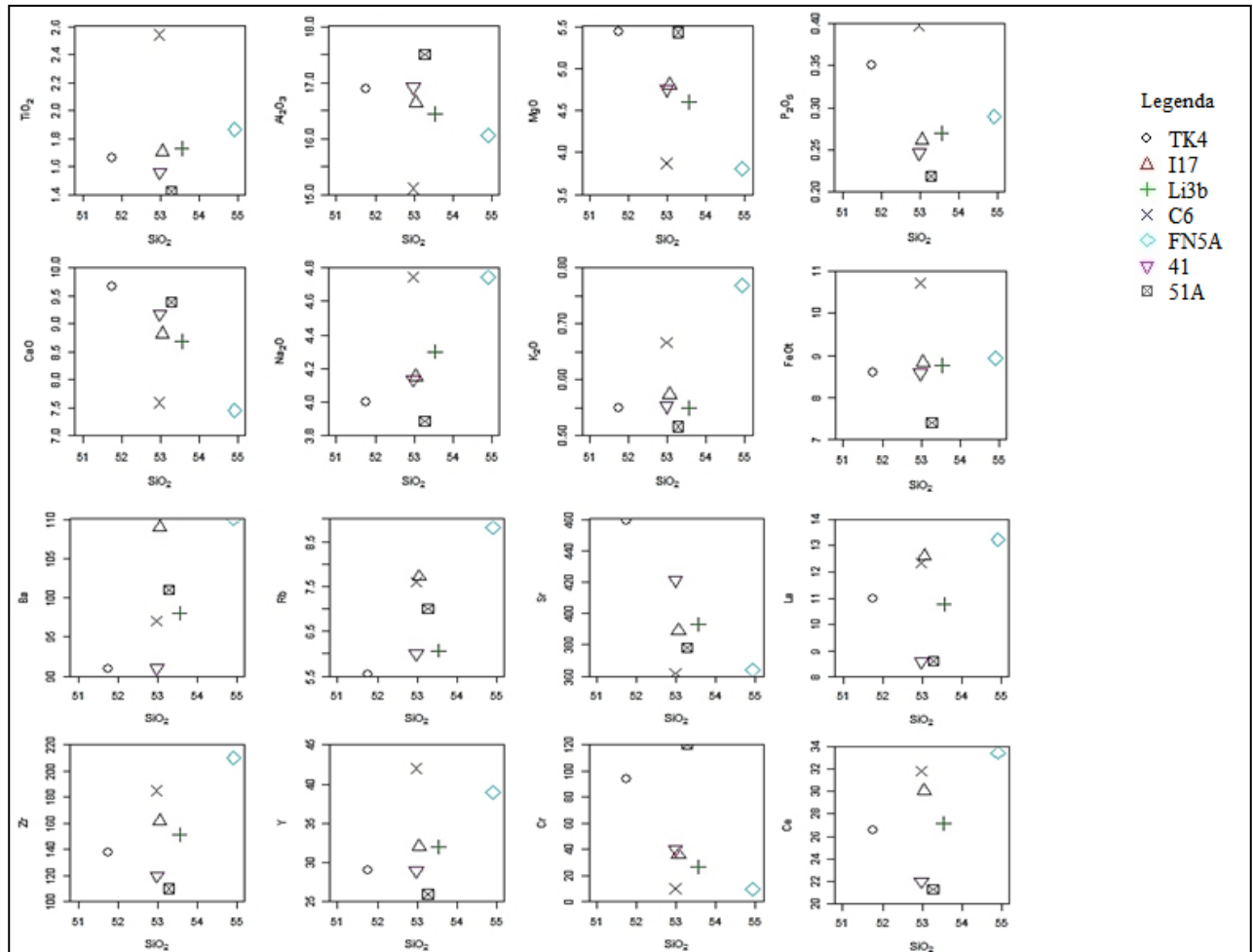


Figura 8: Diagramas de Harker com a variação dos óxidos e traços versus o índice de diferenciação (SiO_2).

O diagrama AFM (Irvine e Baragar, 1971) (Figura 9) mostra que as rochas apresentam afinidade química cálcio-alcalina, compatível com $\text{MgO} < 7\%$ e elevado teor de Al_2O_3 .

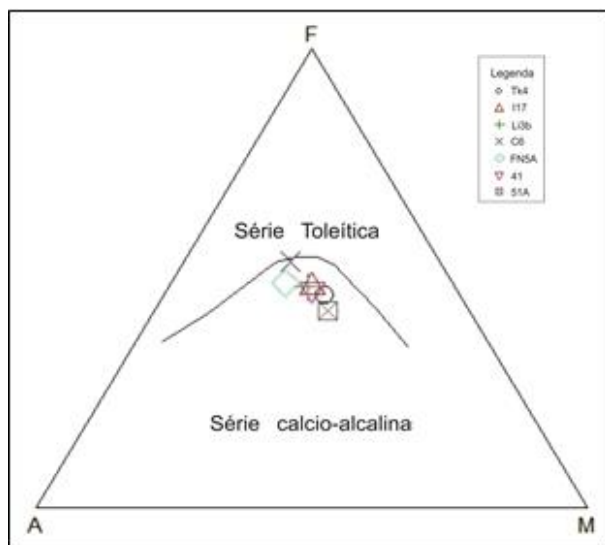


Figura 9. Diagrama AFM (Irvine e Baragar, 1971) para as rochas efusivas da Ilha *Deception*.

Segundo o diagrama multielementar de elementos traços (Figura 10) normalizado pelo padrão MORB (Pearce, 1996), as amostras apresentam anomalias negativas de Nb, sendo estas variações associadas ao empobrecimento e enriquecimento de elementos no magma fonte. Uma amostra apresenta anomalia negativa de Ti.

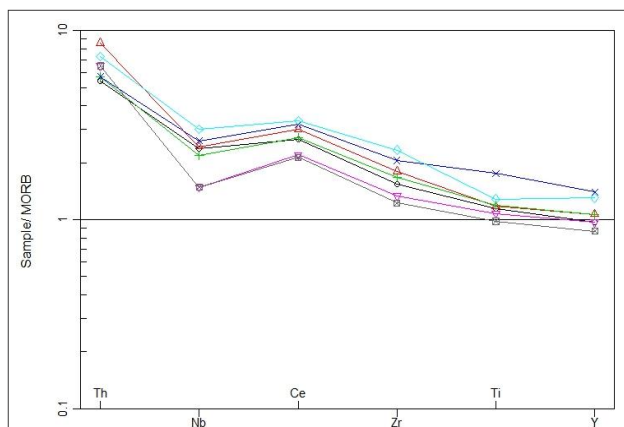


Figura 10. Diagrama multielementar normalizado pelo MORB (Pearce, 1996).

No diagrama multielementar de Elementos Terras Raras (ETR) (Figura 11) utilizando como padrão normalizador o Condrito (Boynton, 1984), as amostras exibem um leve enriquecimento em Elementos Terras Raras Leves em relação aos Elementos Terras Raras Pesados. Algumas amostras mostram uma pequena anomalia positiva de Ce, Eu e Tb, sendo a anomalia positiva de Eu indicativo de processo de acumulação de plagioclásio, e de Ce e Tb relacionados a um magma fonte enriquecido nestes elementos.

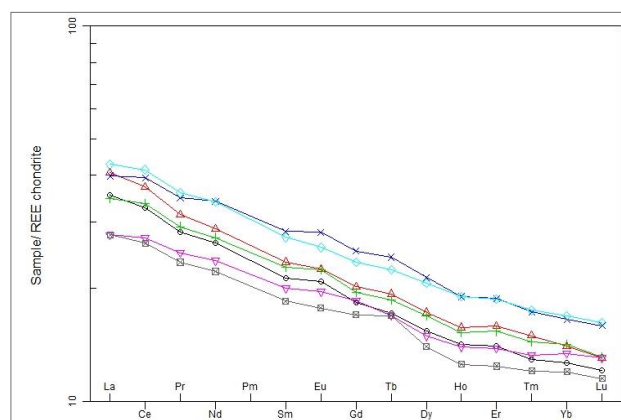


Figura 11. Diagrama multielementar de ETR normalizado pelo condrito (Boynton, 1984).

QUÍMICA MINERAL

As análises de química mineral foram realizadas em cristais de clinopiroxênio, plagioclásio e olivina das seis amostras de rochas efusivas e três amostras de rochas piroclásticas descritas na petrografia, representando as fases pré e pós-caldeira.

Clinopiroxênio

A classificação do clinopiroxênio foi realizada seguindo as regras da Comissão de Novos Minerais e Nomes de Minerais da *International Mineralogical Association* - IMA (Morimoto, 1988).

Quimicamente, o clinopiroxênio pode ser dividido em três subgrupos: piroxênios de magnésio e ferro, onde os outros cátions ocupam menos de 10% das

posições M1 e M2 da formula geral [(M2)(M1)(Si,Al)₂O₆]; piroxênios cálcicos, onde o Ca ocupa mais de dois terços das posições M2 e os piroxênios sódicos, onde

M2 é ocupada principalmente por Na e M1 por Al, Fe³⁺ ou Cr (Deer *et al.*, 1992).

As análises representativas da fase pré e pós caldeira estão na tabela 3.

Tabela 3. Análises químicas representativas dos clinopiroxênios das rochas vulcânicas da Ilha *Deception*. M = matriz; F = fenocristal; Pir = piroclástica; n.d. = não detectado. And. B. = andesito basáltico; Tufo C. = tufo a cristal; Tufo V. = tufo vítreo.

	51-d1 Pré M And. B.	FN5A-c2 Pré F And. B.	41-a2 Pré F And. B.	F07-c4p9 Pré Pir Tufo C.	Li3b-a2 Pós M And. B.	TK4-g1 Pós M And. B.	Li3b-d2 Pós F And. B.	Fo4-c3p3 Pós Pir Tufo C.
SiO ₂	50,08	51,88	51,82	53,14	51,91	52,02	52,12	51,26
TiO ₂	1,81	0,72	0,95	0,35	0,89	1,24	0,81	0,67
Al ₂ O ₃	2,77	2,31	2,03	1,72	1,94	6,99	3,21	2,1
FeO	14,29	6,53	10,86	15,02	14,13	8,06	5,86	7,55
MnO	0,42	0,24	0,42	0,669	0,41	0,18	0,18	0,16
MgO	12,1	15,79	15,47	21,46	14,88	12	16,13	16,26
CaO	18,19	20,9	16,31	6,34	14,43	18,39	21,95	20,36
Na ₂ O	0,55	0,31	0,54	0,25	0,48	2,01	0,39	0,36
K ₂ O	0,01	0	0,16	0,04	0,23	0,1	0,01	0
Cr ₂ O ₃	0,03	0,06	0	n.d	0,01	0	0,34	n.d
Total	100,41	98,75	98,62	98,99	99,35	101,09	101,11	100
Wo	39,39	43,57	35,21	13,24	31,26	44,44	44,82	41,66
En	36,46	45,81	46,49	62,32	44,85	40,37	45,84	46,28
Fs	24,15	10,62	18,3	24,43	23,89	15,2	9,34	12,05

No diagrama da figura 12, os clinopiroxênios da matriz e os fenocristais das rochas efusivas e piroclásticas da fase pré-caldeira apresentam teores de Wo (Wo₃₅₋₄₅) similares, variando de clinopiroxênio rico a pobre em cálcio, sendo a maioria dos cristais classificados como augita (Morimoto, 1988).

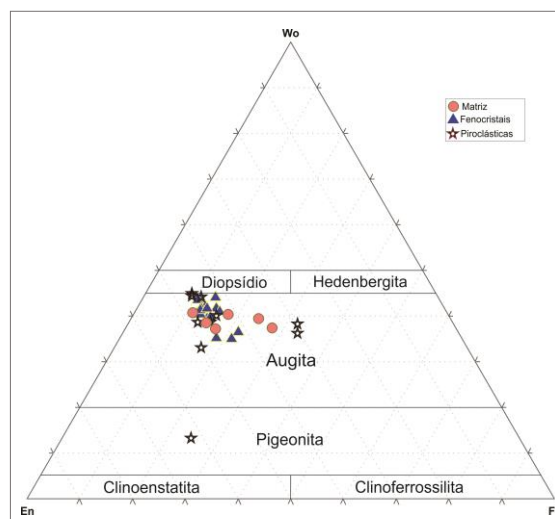


Figura 12. Diagrama de variação composicional dos componentes moleculares Wo (Ca₂Si₂O₆), En (Mg₂Si₂O₆), Fs (Fe₂Si₂O₆) do clinopiroxênio da fase pré-caldeira.

Os clinopiroxênios da fase pós-caldeira estão representados no diagrama da figura 13 e são classificados como augita e diopsídio (Morimoto, 1988).

A maior parte dos clinopiroxênios da matriz das rochas piroclásticas apresentam teores similares de wollastonita (Wo_{38-45}).

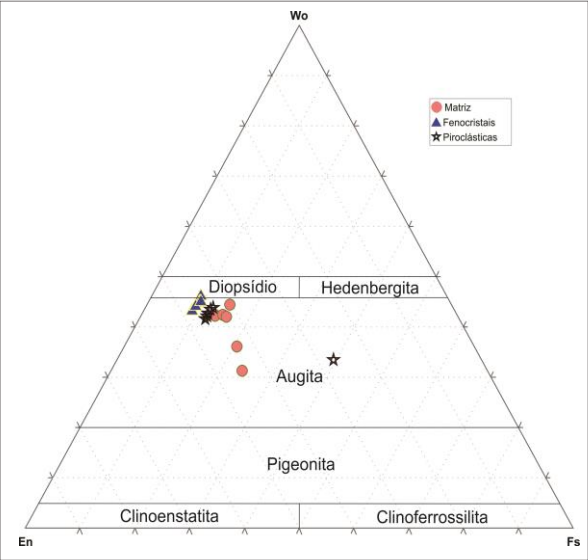


Figura 13. Diagrama de variação composicional dos componentes moleculares Wo ($Ca_2Si_2O_6$), En $Mg_2Si_2O_6$), Fs ($Fe^{2+}_2Si_2O_6$) do clinopiroxênio da fase pós-caldeira.

A augita é o clinopiroxênio dominante na fase pré e pós-caldeira.

Plagioclásio

O plagioclásio foi classificado com base no sistema ternário Albita (Al), Anortita (An) e Ortoclásio (Or). Os dados representativos das composições químicas do plagioclásio das fases pré e pós-caldeira estão na tabela 4.

Tabela 4. Análises químicas representativas do plagioclásio das rochas vulcânicas da Ilha Deception. M = matriz; F = fenocristal; Pir = piroclástica; n.d. = não detectado; And. B. = andesito basáltico; Tufo. C. = tufo a cristal.

	51-d1 Pré M And. B.	FN5A-a1 Pré F And. B.	51-d4 Pré F And. B.	F07-c8pl6 Pré Pir Tufo C.	TK4-e2 Pós M And. B.	TK4-b2 Pós F And. B.	TK4-c5 Pós F And. B.	Fo4-c4pm1 Pós Pir Tufo C.
SiO ₂	52,51	56,71	48,03	53,54	53,07	53,06	46,22	53,17
Al ₂ O ₃	30,12	26,43	33,59	27,94	29,36	29,65	34,57	27,45
FeO	0,7	0,52	0,54	0,62	1,13	0,61	0,42	1,13
MgO	0,18	0,05	0,12	0,13	0,09	0,16	0,11	0,19
CaO	12,87	8,87	15,98	11,63	11,9	12,28	17,27	11,42
Na ₂ O	4,3	6,57	2	4,63	4,38	4,38	1,27	4,64
K ₂ O	0,08	0,25	0,03	0,07	0,18	0,09	0,01	0,08
BaO	0	0,05	0,03	n.d	0	0,02	0	n.d
SrO	0,1	0,01	0,06	n.d	0	0,17	0	n.d
Total	100,86	99,46	100,38	98,56	100,11	100,42	99,87	98,08
An	66,055	55,641	80,57	64,037	65,19	65,57	86,682	63,783
Ab	33,534	43,275	19,24	35,609	33,893	33,971	13,25	35,811
Or	0,41	1,083	0,19	0,354	0,916	0,459	0,069	0,406

No diagrama da figura 14, observa-se que os fenocristais de plagioclásio (An_{56-84}) foram classificados como andesina, labradorita e bytownita. Os

micrólitos da matriz (An_{54-70}) na fase pré-caldeira foram classificados como labradorita. Os plagioclásios das rochas

piroclásticas da fase pré-caldeira variam de andesina a bytownita (An_{42-88}).

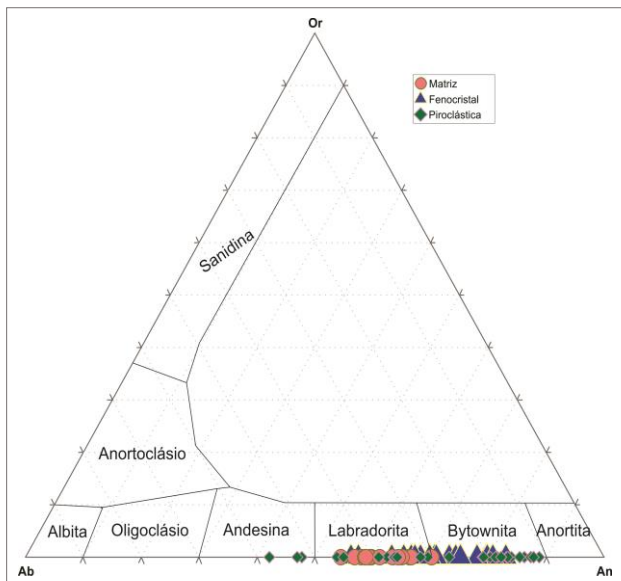


Figura 14. Diagrama triangular de classificação do plagioclásio da fase pré-caldeira, segundo os componentes moleculares albita (Al), anortita (An) e ortoclásio (Or).

Na figura 15 é classificado o plagioclásio da fase pós-caldeira. Os fenocristais apresentam valores de An_{65-86} . Os cristais da matriz e das rochas piroclásticas foram classificados como labradorita (respectivamente, An_{56-70} e An_{59-70}).

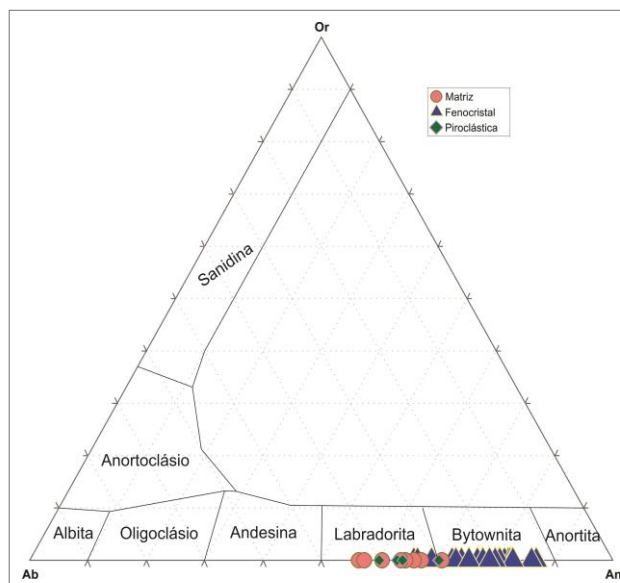


Figura 15. Diagrama triangular de classificação do plagioclásio da fase pós-caldeira, segundo os componentes moleculares albita (Al), anortita (An) e ortoclásio (Or).

Olivina

As análises representativas da olivina estão na tabela 5. A olivina da fase pré e pós caldeira é do tipo crisólita com teores de Fo variando, respectivamente, de 73 a 86% e 74 a 85%. Os conteúdos de CaO estão entre 0,17 e 0,24%, e 0,19 a 0,27%. Os conteúdos de NiO e Cr_2O_3 são baixos, $< 0,11\%$ e $< 0,07\%$ respectivamente.

Óxidos

Os minerais opacos das rochas efusivas da fase pré e pós-caldeira foram analisados. As análises mostram que os valores de TiO_2 na fase pré-caldeira variam de 0,2 a 48,15% e na fase pós-caldeira de 1,3 a 23,81%. Os valores de Cr_2O_3 e MnO são muito baixos ($< 1\%$) para ambas as fases. Os conteúdos elevados de TiO_2 ($> 10\%$) em alguns minerais opacos, indicam a presença de Ti-magnetita e ilmenita.

Tabela 5. Análises químicas representativas de cristais de olivina das rochas vulcânicas da Ilha *Deception*. M = matriz; F = fenocristal; Pir = Piroclástica; n.d. = não detectado. And. B. = andesito basáltico; Tufo C. = tufo a cristal; Tufo V. = tufo vítreo.

	51-dm Pré M And. B.	51-c4 Pré F And. B.	51-d1 Pré F And. B.	01-c1 Pré Pir Tufo V.	TK4-a1 Pós F And. B.	TK4-e1 Pós F And. B.	Fo4-c4o2 Pós Pir Tufo C.	F04-c8o1 Pós Pir Tufo. C.
SiO₂	39,51	38,58	40,31	38,57	40,15	40,19	39,16	49,36
TiO₂	0,05	0,02	0	0,22	0	0	0,01	1,45
Al₂O₃	0,02	0	0,04	0,04	0	0,01	0,04	3,96
FeO	18,64	24,28	14,32	16,41	15,6	14,34	18,1	8,66
MnO	0,29	0,41	0,22	0,30	0,25	0,27	0,28	0,46
MgO	42,45	37,91	45,52	43,33	45,16	46,43	42,85	14,63
CaO	0,36	0,19	0,23	0,43	0,23	0,21	0,3	19,62
Na₂O	0,02	0	0,04	0,03	0,01	0,03	0,02	0,39
K₂O	0	0	0	0	0	0	0	0,04
NiO	0,07	0,05	0,11	0,06	0,08	0,09	0,1	0,05
Cr₂O₃	0	0	0,07	n.d	0,01	0,01	n.d	n.d
Total	101,41	101,44	100,86	99,39	101,49	101,58	100,86	98,62
Fo	80,238	73,571	85,001	82,479	83,769	85,234	80,845	75,074
Fa	19,761	26,428	14,998	17,52	16,23	14,765	19,154	24,925

DISCUSSÕES

A Ilha *Deception* é um sistema vulcânico formado no eixo de abertura do Estreito de *Bransfield* (Antártida). A evolução foi controlada pela ação dos lineamentos tectônicos regionais formados em resposta à geodinâmica do *back-arc* do estreito. O eixo de abertura do Estreito de *Bransfield* é caracterizado por uma atividade vulcânica, representado pela formação de vulcões submarinos (Gonzalez Ferran, 1985).

As descrições petrográficas das amostras, onde as rochas efusivas da Ilha *Deception* são compostas por fenocristais de olivina, piroxênio, plagioclásio, minerais opacos imersos em uma matriz fina, constituída pela mesma mineralogia dos fenocristais e por vidro vulcânico, coincidem com os dados das literaturas como os de Weaver et al., 1979; Augusto et al., 2007, entre outros).

As lavas da Ilha *Deception* apresentam afinidade geoquímica cálcio

alcalina. Os teores moderadamente baixos de MgO (5%) das lavas básicas sugerem que não são produtos de fusão do manto primitivo e que o processo de cristalização fracionada envolveu fracionamento de olivina e clinopiroxênio. Os magmas tornam-se empobrecidos em MgO e Cr devido ao fracionamento de clinopiroxênio e de olivina (Leeman, 1976). Os teores de K₂O, Rb e Ba aumentam com o avanço da diferenciação, indicando que nenhuma fase mineral potássica fracionou. O comportamento do Sr reflete o fracionamento de plagioclásio. As leves anomalias positivas observadas em algumas amostras sugerem processo de acumulação de plagioclásio.

Os teores de Ni e Cr das lavas da Ilha *Deception* são compatíveis, respectivamente, com fracionamento de olivina e clinopiroxênio.

Basaltos de riftes são geralmente enriquecidos em álcalis, CaO e LILE (K, Ba, Rb, Sr), Pb²⁺, terras raras leves, voláteis, especialmente CO₂ e halogênios (Kearey et al., 2014).

O conteúdo dos elementos traços e o enriquecimento em terras raras leves das lavas da Ilha *Deception* é compatível com um MORB enriquecido, como resultado da fusão de uma fonte mantélica rasa em equilíbrio com fracionamento de piroxênio e plagioclásio, ocorrida em ambiente extensional, com características de rifte. Esta interpretação é similar as conclusões de Gracia et al., (1995) no estudo da parte sudoeste da bacia do rifte do Estreito de *Bransfield*, que está em um estágio mais maduro de desenvolvimento, com geração de crosta oceânica.

Augita mais pobre em cálcio é característica de magmas básicos, que sofreram resfriamento rápido, ocorrendo, quase exclusivamente, em basaltos e andesitos (Deer et al., 1992).

A pigeonita ocorre com maior frequência em andesitos e dacitos e é menos frequente em basaltos, devido à elevada temperatura do magma rico em Mg. Com o avanço da diferenciação magmática e o enriquecimento em ferro nos líquidos magmáticos, a pigeonita torna-se a fase pobre em cálcio mais comum e, em muitos andesitos observa-se a coexistência de fenocristais ou microfenocristais de pigeonita e augita (Deer et al., 1992).

Na fase pós-caldeira ocorre uma diminuição no conteúdo de cálcio dos clinopiroxênios da matriz em relação aos da fase pré-caldeira, indicando o resfriamento rápido a temperaturas elevadas. A augita é particularmente comum nos constituintes da matriz (Deer et al., 1992).

O plagioclásio é essencialmente um aluminossilicato de Na e Ca, que varia de $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ até $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, e contém normalmente, uma certa quantidade de molécula de ortoclásio KAlSi_3O_8 . A troca de Ca^{+2} pelo Sr^{+2} na estrutura da anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) é um caso de substituição simples, ao

contrário do Ba, que entra na estrutura do feldspato potássico (Deer et al., 1992).

O plagioclásio é o mineral mais abundante em lavas básicas e intermediárias, e ocorre sob a forma de fenocristais e constituintes da matriz. O zoneamento é comum e nos basaltos, os fenocristais apresentam um largo e homogêneo núcleo de composição bitownítica (Deer et al., 1992).

CONCLUSÕES

As rochas efusivas estudadas foram classificadas como andesitos basálticos e as piroclásticas como tufos.

A assembleia mineral nas rochas efusivas é formada por fenocristais de olivina, augita, plagioclásio e minerais opacos imersos em uma matriz de mesma composição. Os tufos apresentam baixo grau de soldamento e foram classificados como tufo a cristal e tufo vítreo.

As rochas da fase pré e pós caldeira não apresentam diferenças significativas de composição química. O clinopiroxênio dominante nas rochas vulcânicas é a augita. A pigeonita é rara, ocorrendo apenas em uma amostra de rocha piroclástica. Os fenocristais de plagioclásio das lavas são mais cálcicos que os cristais da matriz e que os das rochas piroclásticas, sendo típicos de séries cálcio-alcálicas baixo-K.

As variações dos elementos maiores, os conteúdos de elementos traços (LILE e HFSE) e o padrão dos ETRL das rochas vulcânicas da Ilha *Deception* sugerem, que o magma fonte é um MORB enriquecido e que o principal processo de diferenciação magmática foi a cristalização fracionada de olivina \pm clinopiroxênio \pm plagioclásio \pm minerais opacos.

AGRADECIMENTOS

R.G. Lima agradece a CAPES pela bolsa de mestrado e ao Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias da Universidade Federal de Sergipe. Os autores agradecem a Marcus Vinícius Porto pela colaboração na edição dos mapas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agusto, M., Caselli, A.T., Poma, S. 2007. Estudio Volcanológico del Sector Occidental de La Isla Decepción (Antártida): Caracterización Geoquímica y Análisis Evolutivo. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 62(4), 530-544.
- Baraldo, A. & Rinaldi, C.A. 2000. Stratigraphy and structure of Deception Island - South Shetland Islands, Antarctica: *Journal of South American Earth Sciences*, 13, 785-796.
- Baraldo, A., Rapalini, A.E., Bohnel, H., Mena, M. 2003. Paleomagnetic study of Deception Island, South Shetland Islands, Antarctica. *Geophysical Journal International*, 153, 1-11.
- Bengoia, C.L. 2007. *Geología Del Sector Sur de la Isla Deception, Antartida*. Trabajo Final de Licenciatura, Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 121 p.
- Boynton, W.V. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: Henderson P. (Ed.) *Rare Earth Element Geochemistry*. Elsevier, Amsterdam, p. 63-114.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J., 1992. *An Introduction to the Rock Forming Minerals*, 2nd ed., Pearson Education, London, 696pg.
- Fernández-Ibáñez, F., Perez-Lopez, R., Martinez-Diaz, J.J., Paredes, C., Giner-Robles, J.L., Caselli, A.T., Ibáñez, J.M. 2005. Costa Recta Beach, Deception Island, West Antarctica: A Retreated Scarp Of A Submarine Fault?. *Antarctic Science*, 17, 418-426.
- Grácia, E., Canals, M., Farran, M., Sorribas, J., Pallas, R.. 1997. Central and Eastern Bransfield Basins (Antarctica) from high-resolution swath-bathymetry data. *Antarctic Science*, 9, 168-180.
- González-Ferrán, O. 1985. Volcanic and tectonic evolution of the northern Antarctica Peninsula - Late Cenozoic to Recent. *Tectonophysics*, 114, 389-409.
- Irvine, T.N., & Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8, 523-548.
- Janoušek, V., Erban, V., Farrow, C. M. 2008. Geochemical Data Toolkit for Windows (GCDkit) 3.00 [Programa de computador]. Republica Tcheca. Disponível em: <http://www.gcdkit.org/>.
- Kearey, P., Klepeis, K. A., & Vine, F. J. 2014. *Global Tectonics* (8th ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Lawer, L.A., Sloan, B.J., Barker, D.H.N., Ghidella, M., Von Herzaen, R.P., Keller, R.A., Klinkhammer, G.P., Chin, C.S. 1996. Distributed, Active Extension In Bransfield Basin, Antarctic Peninsula: Evidence From Multibeam Bathymetry. *Gsa Today*, 6,1-6.
- LeBas, M.J., LeMaitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B. 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, 27,745-750.
- Leeman, W.P. 1976. Petrogenesis of McKinney (Snake River) olivine tholeiite in light of rare-earth element and Cr/Ni distributions. *Geological Society of America Bulletin*, 87,1582-1586.
- Martí, J. & Baraldo, A., 1990. Pre-caldera pyroclastic deposits of Deception Island (South Shetland Islands): *Antarctic Science*, 2,345-352.
- Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A.K., Ginzburg, I.V., Ross, M., Seifert, F.A., Zussman, J., Aoki, K., Gottardi, G. 1988. Nomenclature of Pyroxenes. *American Mineralogist*, 73,1123-1133.

- Orheim, O. 1971. Volcanic Activity on Deception Island. In: Adie R.J. (ed.) *Antarctic Geology and Geophysics*. Oslo, Universitetsforlaget, p. 117–120.
- Pearce, J. A. 1996. A user's guide to basalt discrimination diagrams. In: Wyman D. A. (ed.) *Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration*. Geological Association of Canada, *Short Course Notes*, 12, 79–113.
- Pedrazzi1, D., Aguirre-Díaz, G., Bartolini, S., Martí, J., Geyer, A. 2014. The 1970 eruption on Deception Island (Antarctica): eruptive dynamics and implications for volcanic hazards. *Journal of the Geological Society*. London, 171, 765–778.
- Schmid, R. 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the IUGS Subcommision on the Systematics of Igneous Rocks. *Geology*, 9, 41–43.
- Smellie, J.L. 1988. Recent observations on the volcanic history of Deception Island, South Shetland Islands. *British Antarctic Survey Bulletin*, 81, 83–85.
- Smellie, J.L. 1989. Deception Island. In: Dalziel I.W.D. (ed.) *Tectonics of The Scotia Arc, Antarctica*. 28th International Geological Congress, Field Trip Guide Book. Washington, Dc: American Geophysical Union, T180, p. 146–152.
- Smellie, J.L. 2001. Lithostratigraphy and Volcanic Evolution of Deception Island, South Shetland Islands. *Antarctic Science*, 13, 188–209.
- Smellie, J.L. 2002. Geology. In: Smellie J.L., Lopez-Martinez J. (eds.). *Geology and Geomorphology of Deception Island*. Sheets 6-A and 6-B, 1:25000 BAS GEOMAP series. Cambridge, British Antarctic Survey, p. 11–30.
- Torrecillas, C., Berrocoso, M., Pérez-López, R., Torrecillas, M.D. 2012. Determination of volumetric variations and coastal changes due to historical volcanic eruptions using historical maps and remote-sensing at Deception Island (West-Antarctica). *Geomorfology*, 136, 6–14.
- Valencio, D.A., Mendia, J.E., Vilas, J.F. 1979. Paleomagnetism and K–Ar age of Mesozoic and Cenozoic igneous rocks from Antarctica. *Earth and Planetary Science Letters*, 45, 61–68.
- Weaver, S.D., Saunders, A.D., Pankhurst, R.J., Tarney, J. 1979. A geochemical study of magmatism associated with the initial stages of back-arc spreading: The Quaternary volcanics of Bransfield Strait from South Shetland Islands. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 68, 151–169.

CAPÍTULO III

CONCLUSÕES

As rochas efusivas estudadas foram classificadas como andesitos basálticos e as piroclásticas como tufos. A assembleia mineral nas rochas efusivas é formada por fenocristais de olivina, augita, plagioclásio e minerais opacos imersos em uma matriz de mesma composição.

Os fenocristais de plagioclásio das lavas das fases pré e pós caldeira são mais cálcicos (bytownita), quando comparados aos cristais da matriz (labradorita) das lavas e aos cristais das rochas piroclásticas (labradorita a andesina), sendo as composições típicas de séries cálcio-alcalinas. O clinopiroxênio dominante é a augita nas fases pré e pós caldeira. A olivina é do tipo crisólita.

As rochas efusivas da fase pré e pós caldeira não apresentam diferenças significativas em relação à composição química. As variações dos elementos maiores, dos conteúdos de elementos traços (LILE e HFSE) e o padrão dos ETRL, sugerem que o magma fonte é um MORB enriquecido e que o principal processo de diferenciação magmática foi a cristalização fracionada de olivina \pm clinopiroxênio \pm plagioclásio \pm minerais opacos. As rochas da fase pré caldeira são cogenéticas as rochas da fase pós caldeira.

ANEXO

ANEXO: E-mail de agradecimento pela submissão.

[GEOUSP] Agradecimento pela submissão



Daniel Machado <publigc@usp.br>

qui 16/02, 21:47

Você ↵

Sra. Rayane Gois de Lima,

Agradecemos a submissão do trabalho "Química mineral, petrografia, e geoquímica das rochas efusivas da Ilha Deception, Antártida" para a revista Geologia USP. Série Científica.

Acompanhe o progresso da sua submissão por meio da interface de administração do sistema, disponível em:

URL da submissão:

<http://www.revistas.usp.br/guspsc/author/submission/127169>

Login: raygois

Em caso de dúvidas, entre em contato via e-mail.

Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de compartilhar seu trabalho.

Daniel Machado

Geologia USP. Série Científica

Geologia USP. Série Científica

<http://www.revistas.usp.br/guspsc>